

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Bakalářská práce

2009/2010

Tomáš Kajnar

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikační techniky

EH anténa

EH Antenna

2009/2010

Tomáš Kajnar

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za rady a připomínky k obsahu a formě zpracování.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou EH antén. Podrobně rozebírá jak teoretickou stránku funkčnosti EH antény, tak i návrh, stavbu a ověření vlastností EH antény. V teoretické části popisuje, jak EH anténa funguje, jaké jsou její hlavní parametry a přednosti a také jaké jsou její nevýhody. V praktické části je popsán samotný návrh EH antény spolu s potřebnými výpočty, sestaven model na zadaném kmitočtu a jsou ověřeny vlastnosti této sestavené EH antény.

Klíčová slova

EH anténa, cylindr, půlvlnná anténa

Abstract

This thesis deals with EH antennas. Analyzes in detail both the theoretical site functionality EH antenna, as well as design, construction and verification property EH antenna. It deals with how the EH antenna works, what its main characteristics and advantages and what are its drawbacks. The practical part describes itself proposal EH antennas together with the necessary calculations, the model constructed for the given frequency and properties are verified by the EH antenna constructed.

Key words

EH antenna, cylinder, half-wave antenna

Obsah:

1. Úvod.....	1
2. Anténa – základní parametry a princip činnosti.....	2
3. Krátkovlnné antény (KV).....	4
3.1 Horizontální dipól.....	4
3.2 Vertikální anténa.....	6
4. EH anténa.....	8
4.1 EH anténa.....	8
4.2 Náhradní obvod EH antény.....	9
4.3 Vstupní impedance.....	10
4.4 Konstrukční prvky.....	11
4.5 Integrovaný koncept.....	12
4.6 Přijímací anténa	12
4.7 Účinnost.....	13
5. Návrh a konstrukce EH antény.....	15
5.1 Návrh EH antény.....	15
5.2 Konstrukce EH antény.....	17
6. Ověření vlastností sestrojené EH antény.....	22
6.1 Praktické ověření funkčnosti antény.....	26
6.2 Zhodnocení měření.....	28
7. Závěr.....	29

1. Úvod

V dnešní době jednadvacátého století se bez antén už nedokážeme obejít. Setkáváme se s nimi každý den, ať už vědomě či nevědomě. Bez antén bychom nebyli schopni se dívat na televizi, poslouchat rádio či používat mobilní telefon. Antény se dělí do mnoha skupin, velikostí a tvarů. V této bakalářské práci jsem se zaměřil na jeden specifický typ antény. Jedná se o EH anténu. Její zvláštností je to, že její velikost je přibližně 2% z vlnové délky, což v praxi znamená velkou úsporu místa, která se velmi hodí třeba v zastavěné oblasti. Obyvatelstvo tento typ antény téměř nezná, ale mezi radioamatéry je rozšířená a ti, kteří ji vyzkoušeli si ji nemohou vynachválit pro své velmi dobré přijímací a vyzařovací schopnosti.

V druhé kapitole se aspoň částečně seznámíme s tím, jak pracuje klasická anténa, abychom byli aspoň trochu schopni pochopit samotnou funkci EH antény. Popíšeme si v ní základní parametry a funkci antény.

Ve čtvrté kapitole je rozebrána samotná EH anténa. Uvádí se v ní, jak EH anténa funguje, jaké jsou její přednosti a parametry a jaké jsou její nevýhody.

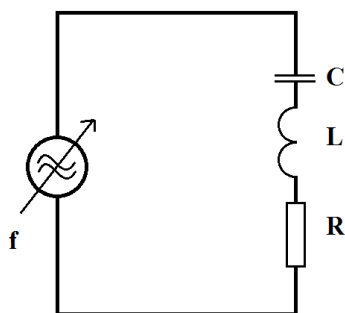
V následujících dvou kapitolách, čili páté a šesté, je předveden návrh a konstrukce EH antény a odměření správné funkčnosti.

2. Anténa – základní parametry a princip činnosti

Anténa je zařízení, která přetváří elektromagnetické vlnění šířící se podél vedení na elektromagnetické vlnění šířící se ve volném prostoru a naopak. Proto je anténa nejdůležitější částí radiokomunikačního zařízení a nelze ji nahradit žádným jiným elektronickým obvodem. Úplné anténní systémy tvoří: antény a jejich napaječe, přizpůsobovací obvody, uzemňovací systémy, nosné konstrukční prvky, stožáry apod. Antény mohou mít různé tvary a rozměry.

Každý rezonanční obvod sestavený z cívky a kondenzátoru, stimulovaný vysokofrekvenční energií může vytvářet elektromagnetické pole. Vyzařování takového obvodu je však málo účinné a působí na malou vzdálenost. V ohraničeném prostoru tohoto rezonančního obvodu vzniká elektrické pole, soustředěné mezi deskami kondenzátoru a magnetické pole soustředěné okolo cívky. Pro rozšíření elektrického pole kondenzátoru je třeba zvětšit vzdálenost mezi jeho deskami. Sníží se tak jeho kapacita, lze ji však zachovat zvětšením plochy desek. Takový kondenzátor může mít podobu dvou vodičů, z nichž jeden je v dostatečné výšce nad povrchem země a druhý je umístěný na povrchu země nebo je s ním spojený.

Takovéto uspořádání LC obvodu tvoří otevřený rezonanční obvod. Ramena takového otevřeného obvodu mají nejen svoji kapacitu, ale také svoji indukčnost. Kapacita a indukčnost otevřeného rezonančního obvodu jsou rovnoměrně rozloženy podél jeho vodičů na rozdíl od uzavřeného rezonančního obvodu, jehož indukčnost a kapacita se soustřeďují ve vlastní cívce a vlastním kondenzátoru.



Obr. 2.1 Náhradní schéma antény

Otevřený rezonanční obvod lze považovat za anténu. Je dokázáno, že se obvod mění na otevřený, tj. stává se účinnou anténou, pokud je jeho hlavní rozměr (délka) srovnatelná s vlnovou délkou, na které je obvod vyladěn. Účinnost antény se zvyšuje, přibližuje-li se jeho délka polovině vlnové délky, odpovídající rezonančnímu kmitočtu tohoto otevřeného obvodu.

Elektrické pole (vytvořené rozloženou kapacitou) a magnetické pole (vytvořené rozloženou indukčností antény) přesahují hranice obvodu a vytváří elektromagnetické pole v prostoru. Pokud se otevřený obvod vybudí vysokofrekvenční energií, pak kromě ztrát ve vlastním rezonančním obvodu vzniká další „ztráta“ energie vyzářením elektromagnetických (rádiových) vln. Anténa vysokofrekvenční energii v podobě elektromagnetických vln stejně dobře vyzařuje, jako ji v podobě indukovaných vysokofrekvenčních proudů přijímá. Může se tedy zároveň používat jako anténa vysílací i přijímací.

Jak bylo již uvedeno, délka antény musí odpovídat určitému poměru k příslušné vlnové délce a ta je nepřímo úměrná kmitočtu:

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (2.1),$$

λ – délka vlny [m],

C – rychlost světla [300 000 km/s],

f – kmitočet [Hz].

3. Krátkovlnné antény (KV)

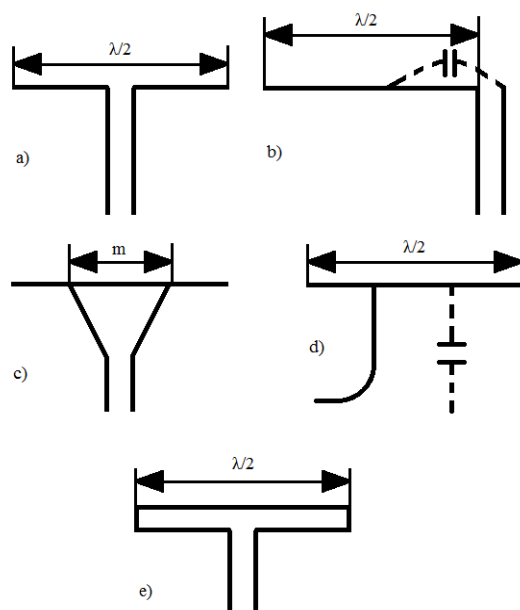
Pod pojmem krátkovlnné antény chápeme všechny antény spadající do pracovní oblasti v rozmezí 3 – 30 MHz. Ovšem radioamatéři si toto pásmo rozšířili na 1,8 – 30 MHz.

3.1 Horizontální dipól

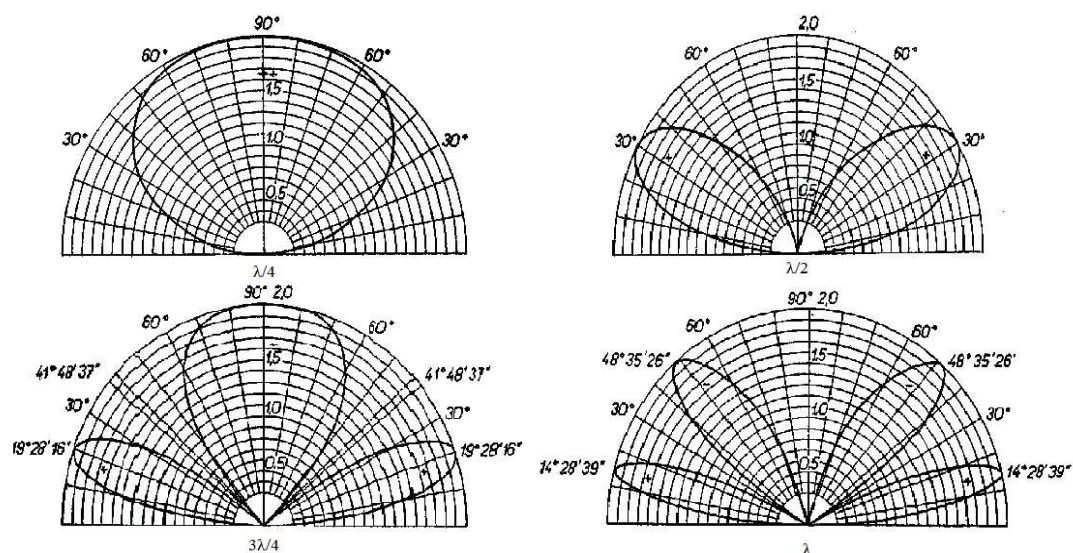
Různé způsoby buzení půlvlnné antény při použití souměrného dvoudrátového napájecího vedení jsou uvedeny na *obr. 3.1*. Buzení na *obr. 3.1a* vyžaduje, aby se délka rovnala půlvlně. Změna délky by ovlivnila rezonanční jevy v napájecím vedení. Při způsobu uvedeném na *obr. 3.1b* je anténa vázána s napaječem jak galvanicky, tak i kapacitou vyznačenou čárkovaně. Při takovém provedení se musí délka antény rovnat půlvlně a délka vedení musí být taková, aby na jeho konci napájecím anténu vznikla kmitná napětí (jde o druh rezonančního vedení). Protože provedení na *3.1b* neumožňuje přímé přizpůsobení vlnové impedanci napaječe, je nutno, je-li toho třeba, připojit k napájecímu vedení antény zvláštní přizpůsobovací obvod. Takového přizpůsobení impedancí lze dosáhnout v případech uvedených na *obr. 3.1c, d, e*. Při buzení antény podle *obr. 3.1c* se volí délka antény přibližně půl vlny a vzdálenost m se volí tak, aby zajistila potřebné přizpůsobení impedancí. U horizontální antény, umístěné nad ideálně vodivou zemí, závisí tato vzdálenost na výšce antény nad zemí. Rozbíhající část napájecího vedení musí mít dostatečně pozvolný přechod, aby nezpůsobila znatelnou nestejnorodost vedení. Nejupotřebitelnější je vrcholový úhel 75°. Alternativou způsobu na *obr. 3.1c* (pro jednovodičové napájecí vedení) je způsob na *obr. 3.1d*. Zpětným vodičem je zde kapacita antény proti zemi a sama zem. Správného nastavení takové antény se dosahuje sledováním rozložení proudu ve vedení a v anténě. Jsou-li v napájecím vedení uzly a kmitny napětí ve vzdálenostech celého počtu půlvln od antény, znamená to, že bod připojení napaječe k anténě je volen nesprávně. Jsou-li uzly a kmitny rozloženy v jiných vzdálenostech, není naladěna sama anténa. Schéma na *obr. 3.1e* je v podstatě obdobou schématu na *obr. 3.1a*, avšak obsahuje ještě transformační člen. Zde jsou dvě blízko sebe položené půlvlnné antény spojeny svými konci a jeden z nich je napájen uprostřed souměrným napaječem. Obě antény působí paralelně, při čemž v každé z nich protéká polovina celkového proudu, takže vstupní impedance takové antény se rovná čtyřnásobnému

3 Krátkovlnné antény (KV)

vyzařovacímu odporu půlvlnné antény, tj. asi 290Ω (tento druh se také nazývá skládaný dipól). Dvoudrátové vedení s takovou impedancí lze snadno zhotovit. Jiné transformační poměry je možno získat nestejnými průměry dvou zářičů nebo použitím více než dvou spojených antén. [2]



Obr. 3.1 Konstrukční provedení půlvlnných antén [1]

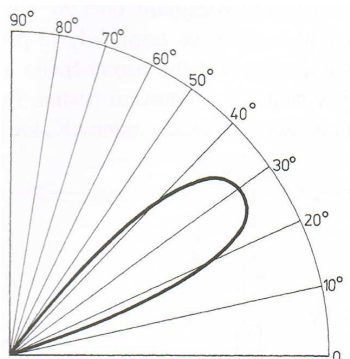


Obr. 3.2 Zobrazení vertikálního vyzařovacího diagramu půlvlnného

horizontálního dipólu v závislosti na výšce nad vodivou zemí $\lambda/4$, $\lambda/2$, $3\lambda/4$ a λ [2]

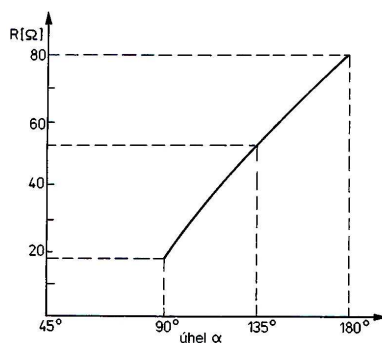
3.2 Vertikální anténa

Nejjednodušší vertikální anténou je anténa typu ground plane – GP s délkou zářiče $\lambda/4$ a protiváhy. Nedílnou a funkčně nezbytnou částí běžně užívané antény GP je několikaprvková protiváha také se čtvrtvlnnou délkou prvků. Diagram záření ve vertikální rovině je schematicky znázorněn na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Diagram záření GP antény ve vertikální rovině [1]

V horizontální rovině je charakteristika vyzařování prakticky kruhová, pokud je anténa opatřena alespoň 4-prvkovou protiváhou. Zisk antény GP vzhledem k dipólu $\lambda/2$ (v rovině horizontu) $G_d = -1$ dB. Impedance antény GP závisí na úhlu, který svírá zářič s prvky protiváhy (obr. 2.4). Při úhlu cca 135° je impedance $50\ \Omega$, což při nesouměrném napájení umožňuje použití běžného koaxiálního kabelu se shodnou impedancí $50\ \Omega$. Při úhlu 90° činí impedance antény GP cca 20 až $35\ \Omega$. Tuto anténu lze přizpůsobit k impedanci $50\ \Omega$ paralelní kapacitou v patě zářiče nebo na konektoru antény.

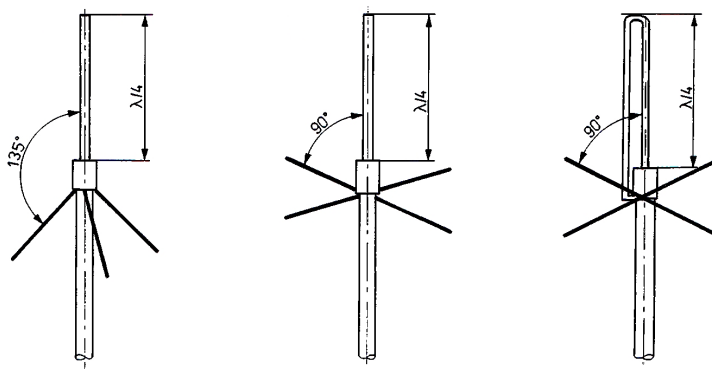


Obr. 3.4 Závislost impedance antény GP na úhlu

mezi zářičem a prvky protiváhy [1]

3 Krátkovlnné antény (KV)

Stacionární antény GP používají minimálně 3-prvkové protiváhy (obr. 3.5) s vnitřními úhly 120° nebo 4-prvkové protiváhy s vnitřními úhly 90° . Místo jednoduchého zářiče se používá také skládaný zářič, jehož impedance (s protiváhami svírající úhel 90°) činí cca 120Ω . Výhodou tohoto řešení je galvanické spojení zářiče se zemí, kdy je případný elektrostatický náboj odváděn k zemi prostřednictvím druhého uzemněného konce zářiče. Délka antény se skládaným zářičem závisí na činiteli zkrácení antény k , který zpravidla činí 0,85 až 0,98 (dle průměrů tyčí zářiče). [2]



Obr. 3.5 Druhy antén GP [1]

4. EH anténa

Ve třetí kapitole jsme si popsali, co to jsou krátkovlnné antény a jaké je jejich základní dělení. V této kapitole se budeme zabývat samotnou EH anténou. Popíšeme si jak anténa funguje, jaké jsou její výhody a nevýhody a zjistíme její základní parametry.



Obr. 4.1 EH anténa

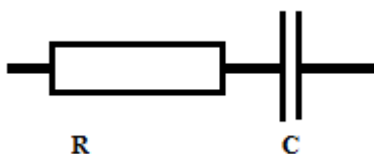
4.1 EH anténa

EH anténa je klasická Hertzova anténa napájená přes článek, zajišťující potřebný posun fáze o 180° pro buzení protilehlých ramen antény. U této antény jsou vzájemně zkřížena pole elektrické E s polem magnetickým H . Tyto antény mají velmi výhodné vlastnosti vyzařování, i přes svoji minimální velikost. I přes malé rozměry je EH anténa velice efektivní zejména na příjem signálů, ale i na vysílání. EH anténa není na rozdíl od klasické antény ovlivňována místními nezávislými E a H poli (rušením), takže se při příjmu dosahuje značného odstupu signál/šum. Praktické pokusy ukázaly, že minimální rozměr EH antény závisí pouze na požadované účinnosti. Ta je určena vlastní kapacitou antény a ztrátami v externí doladovací indukčnosti. Velmi malé antény mají téměř neměřitelné ztráty ve vlastní indukčnosti. Např. EH anténa s délkou zářiče $0,005\lambda$ (to znamená 55 cm u CB (Citizen Band)) vyzáří více než $\lambda/2$ dipól klasické antény, pokud je přesně nastavena. Velice důležité je přesné nastavení posunů fáze. Změna o ± 3 stupně znamená zhoršení činitele stojatého vlnění z 1:1 na 2:1. Nevýhoda této antény je v tom, že její naladění je oproti klasickému dipólu složitější a anténa samotná je dost ovlivnitelná homogenitou místního magnetického pole, což znamená, že při provozování této antény je nutnost při změně stanoviště její

opětovné kompletní nastavení, ke kterému je nutný mimo PSV metru i měřič síly elektromagnetického pole. [4]

4.2 Náhradní obvod EH antény

Obr. 4.2 zobrazuje účinné náhradní schéma vyzařující části antény (každé antény), která je tvořena pouze kapacitou a odporem.



Obr. 4.2 Náhradní schéma EH antény

Okamžitá šířka pásma zjednodušené antény (ekvivalent sériového obvodu) je dána velikostí kapacity a odporu. Vztah je definován jako [4]

$$B = 2 \cdot R \cdot f^2 \cdot C \quad (4.1),$$

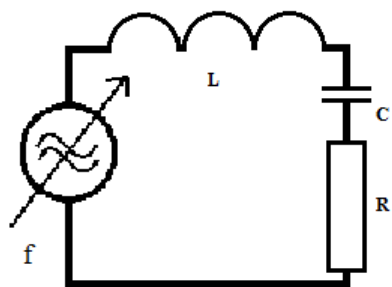
B - okamžitá šířka pásma + / - 3 dB [Hz],

R - celkový odpor všech složek antény [Ω],

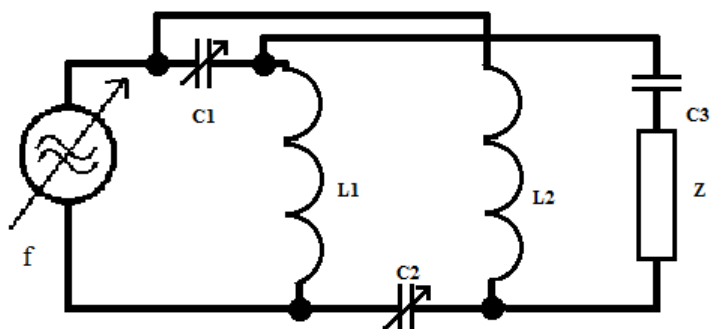
f - pracovní frekvence [Hz],

C - kapacita antény [F].

Je zřejmé z rovnice, že zvýšení odporu nebo kapacity zvětší šířku pásma.



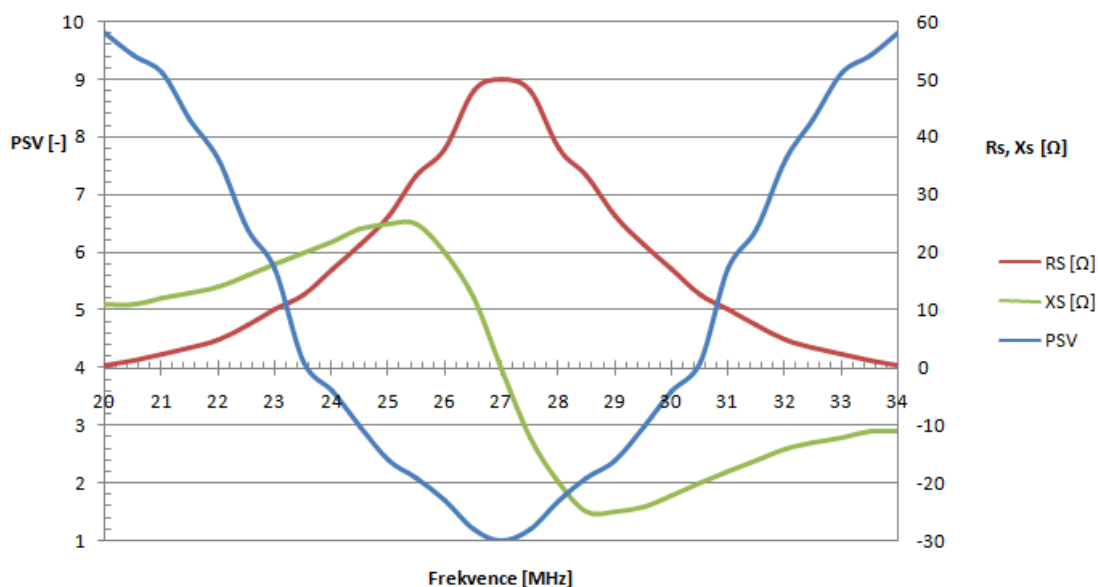
Obr. 4.3 Zjednodušená anténa



Obr. 4.4 Schéma EH antény

Aby byl možný průchod proudu, je nutné vykompenzovat reaktanci kondenzátoru. To lze provést přidáním řady indukčností, které mají stejnou hodnotu reaktance na provozní frekvenci. Teď máme sériový rezonanční obvod znázorněný na obr. 4.3. Pro dosažení maximálního výkonu můžeme nastavením indukčnosti zajistit impedanční přizpůsobení pro připojení koaxiálního kabelu, čili impedanci 50Ω . Kompletní schéma antény je znázorněna na obr. 4.4.

4.3 Vstupní impedance



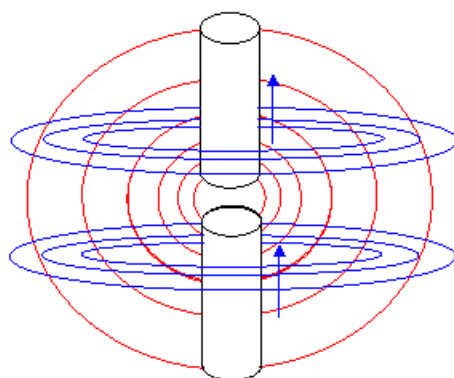
Obr. 4.5 EH anténa – typické parametry [4]

Pro ilustraci je znázorněn graf závislosti impedance antény na frekvenci, *obr. 4.5*. Je patrné, že na rozdíl od klasických antén, je odpor maximální na provozní frekvenci. Reaktivní složka vstupní impedance prochází 0 na téže frekvenci, pokud jsou správně nastaveny kapacity C_1 a C_2 . Vzhledem k měnícím se hodnotám skutečné a reaktivní složky se PSV také mění v závislosti na frekvenci. Všimneme si, že šířka pásma PSV 2:1 je kolem 62 KHz, celková šířka pásma ± 3 dB je asi 168 kHz.

Účinnost této antény, která je typická pro všechny EH antény, je velmi vysoká, ale celková délka antény je pouze 1,8% vlnové délky, ve srovnání se standardním dipólem s délkou 50% vlnové délky.

4.4 Konstrukční prvky

Pro pochopení pojmu EH antény, je třeba se podívat na elektrické (E) a magnetické (H) pole antény, jak ukazuje *obr. 4.6*. Je důležité si uvědomit, že celková délka antény je malý zlomek vlnové délky. Z tohoto důvodu mají cylindry zanedbatelnou indukčnost.



E a H pole každé EH antény

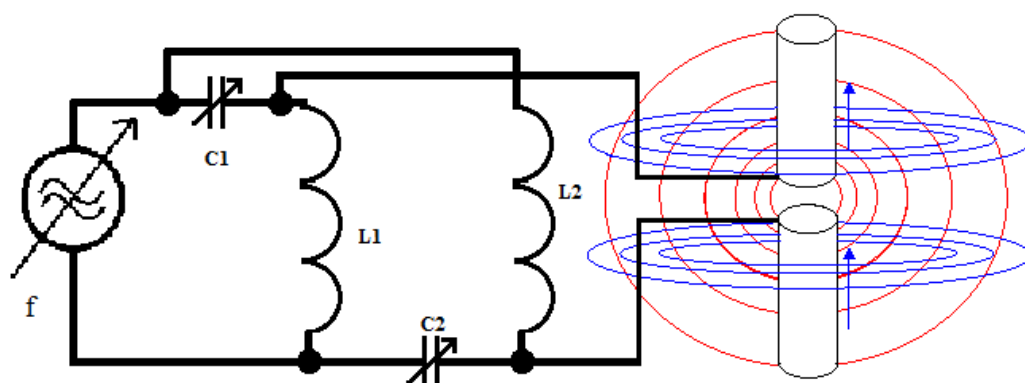
Obr. 4.6 E a H pole EH antény

Při vysokém napětí, nacházejícím se mezi oběma cylindry je vybudeno pole E. Napětí je vysoké v napájecím bodě, ale musí být nulové na konci cylindrů. Proto existuje velký rozdíl napětí mezi dvěma konci každého cylindru. Rozdílné napětí způsobí tok proudu na cylindrech. Tento proud vybuduje magnetické (H) pole na těchto cylindrech (dalo by se říct, že se jedná o cívku s jedním závitem, která budí magnetické pole). Nyní máme vše potřebné pro generování E a H pole, které jsou na sebe fyzicky

kolmé. Musí být ovšem také v časové fázi. To je ovšem přirozené, protože pole H je buzeno polem E. Všimneme si, že E a H pole jsou společně obsaženy ve vymezené oblasti, mají stejný průměr jako délka antény a neexistuje žádné reaktivní pole. [4]

4.5 Integrovaný koncept

Obr. 4.7 kombinující obr. 4.4 a 4.6 znázorňuje kompletní Eh anténu.



Obr. 4.7 Vlastní podrobnosti EH antény

Napětí na cylindrech je v protifázi a vytváří (vyzařuje) elektrickou složku pole (E). Proud tekoucí od středových bodů do cylindrů antény vytváří složku H, to je magnetické pole. Vyzařovací odpor EH antény (odpor záření) je určen hodnotou E pole (V/m) a intenzitou magnetického pole H (Ampér závit/m).

Vztah mezi těmito dvěma poli (E,H) musí odpovídat impedanci volného prostoru 377Ω .

4.6 Příjmací anténa

Výše popsaný vysílací proces je v režimu příjmu obrácený. EH anténa ozařována elektromagnetickým polem (E,H) přemění jeho energii na elektrický výkon, který má v místech připojení EH anténního systému konkrétní hodnotu napětí U a do napáječe dodá proud I.

Jedinečná konstrukce EH antén tak umožňuje získat dostatečný výkon přijímaných signálů stejně jako běžné antény.

Je-li anténa v přítomnosti šumu, definované jako nezávislé elektrické nebo magnetické pole, jsou anténní prvky EH antény v porovnání s klasickými ($0,5\lambda$) anténami podstatně kratší. Proto generují i nepatrná vlastní šumová napětí a mohou tak dodávat i slabé přijímané signály s lepším odstupem signál/šum.

4.7 Účinnost

Účinnost EH antény můžeme snadno určit změřením šířky pásma na provozní frekvenci. Od základní definice rezonančního obvodu [4]

$$\eta = \frac{X_L}{R} = \frac{f}{B} \quad (4.2),$$

η - účinnost [-],

X_L - reaktance laděné cívky [H],

R - odpor záření + ztrátový odpor (skin efekt) [Ω],

f - provozní frekvence [Hz],

B - okamžitá +/- 3dB šířka pásma [Hz].

Z těchto vztahů zjistíme, že

$$R = X_L \cdot \frac{B}{f} \quad (4.3).$$

Můžeme snadno měřit šířku pásma a frekvenci.

Ačkoli můžeme přesně vypočítat kapacitu cylindrů, je také důležité počítat s parazitními kapacitami v obvodu a hodnotou proměnného kondenzátoru, pokud je použit.

Z hodnoty odporu záření a velikosti ztrátového odporu cívky L (R_L) určíme účinnost antény. Je to podíl vyzářeného výkonu (EH pole) a příkonu (P_{vf}). Rozdíl mezi příkonem a výkonem jsou tepelné ztráty zejména v cívkách L_1 a L_2 . To je obvykle vyjádřeno jako efektivita: [4]

$$\frac{R_R}{R_R + R_L} \quad (4.5),$$

R_R - odpor záření [Ω],

R_L - ztrátový odpor [Ω].

Protože však měříme $(R_R + R_L)$ můžeme zapsat:

$$\frac{R_M - R_L}{R_M} \quad (4.6),$$

R_M je naměřená hodnota odporu [Ω].

Typicky účinnost je vyšší než 95%. Předpokládejme například, odpor záření je 86Ω a ztrátový odpor je 2Ω . To dává:

$$\frac{86 - 2}{86} \cdot 100\% = 97,7\% \quad (4.7),$$

což je snížení účinnosti rovno -0,1 dB. V EH anténách jsou ztráty pouze v cívkách. Můžeme odhadnout ztrátu ze vztahu

$$R = \frac{X_L}{\eta} \quad (4.9),$$

R - celkový odpor [Ω],

X_L - reaktance laděné cívky [H],

η - účinnost [-].

Parazitní kapacity jsou primárně ze dvou zdrojů. Hlavní z nich je vlastní parazitní kapacita v obvodu antény. Na druhé straně může vzniknout nežádoucí kapacita mezi anténou a zemí, kde zemí může být stíněný koaxiální kabel, věž na které je anténa namontována nebo jiné zařízení v těsné blízkosti antény.

5. Návrh a konstrukce EH antény

V této kapitole se pustíme do návrhu EH antény. Od zadané frekvence se přes výpočty jednotlivých součástí a parametrů konstrukce dostaneme až k samotnému sestrojení antény.

5.1 Návrh EH antény

Byla zvolena frekvence 27,2 MHz (CB rádio), která je rovno přibližně 10 - 12 metrům vlnové délky. Proto jsem si spočítal průměr CB pásma EH antény podle tabulky.

Tab. 5.1 Ted Hartův standart pro EH antény [6]

Frekvence [MHz]	Vlnová délka [m]	Průměr válce [mm]	Výška cylindrů [mm]	2:1 PSV šířka pásma [kHz]	Kapacita [pF]
3,5	80	203,2	637,5	70	126
7	40	101,6	320	140	63
14	20	50,8	160	280	32
28	10	25,4	78,7	560	16

Podle Ted Hartova standartu EH anténní tabulky je průměr pro 10 metrové amatérské pásmo roven přibližně 25,4mm. Střed pásma je zhruba 11 metrů, takže $11 \cdot 2,54 = 28$ mm je průměr válce.

EH anténa se skládá ze dvou cylindrů. Jejich délka je dána ze vzorce

$$l = d \cdot \pi = 35 \cdot 3,1416 = 100mm \quad (5.1),$$

l – délka cylindru [mm],

d – průměr cylindrů [mm].

Impedance volného prostoru je 377Ω . Odpor záření EH antény je dána vztahem

$$R_R = 2 \cdot \pi \cdot R_P = 2 \cdot 3,1416 \cdot 377 = 2369\Omega \quad (5.2),$$

R_R – odpor záření [Ω],

R_P – impedance volného prostoru [Ω].

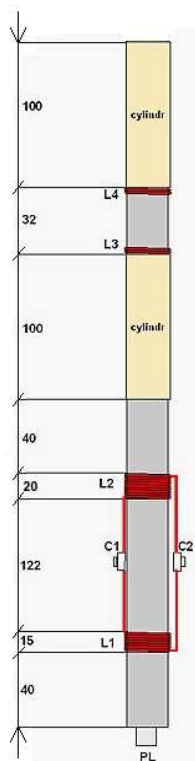
Tato impedance musí být přizpůsobena na 50Ω , aby bylo možné připojit koaxiální kabel. Kapacitu lze vypočítat ze vztahu

$$\frac{100 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi}{f} = \frac{100 \cdot 1,414 \cdot 3,1416}{27,185} = 16,343 pF \quad (5.3),$$

f – zvolená frekvence [MHz].

Cívka L1 by měla mít vždy o 1 až 2 závitů méně. Pro kontrolu správné funkce cívek lze změřit pomocí Grid-dip metru. Pro měření nejdříve osadíme C1 trimr mezi konec L2 a začátek L1, a dočasně vyzkratujeme cívku L2 kouskem vodiče a anténní konektor musíme také vyzkratovat. Na GDO nastavíme 27 MHz a kapacitním trimrem ladíme cívku L1 až do rezonance na uvedeném kmitočtu. Při správném počtu závitů by se to mělo podařit. Pokud by náhodou byla rezonanční frekvence nízká, museli bychom odstranit jeden závit, a naopak.

5.2 Konstrukce EH antény



Obr. 5.1 Rozmístění součástek EH antény

Je nutná přesnost a pečlivost. Ideálním vybavením pro výrobu takovéto antény je měřič síly vyzářeného pole a sací měřič rezonance - grid-dip metr (GDO). Ten však nebude až tak nutný, pokud dodržíme uvedené materiály a rozměry.

Budeme potřebovat:

- novodurovou trubku s vnějším průměrem 35 mm délky 50 cm
- měděný instalační drát průřez 1,5 mm² v izolaci, asi tak 4 m
- dvě vysoké konzervy (může se pro lepší vodivost použít měděná folie či plech)
- dva kapacitní trimry do 50 pF
- PL konektor do panelu s maticí



Obr. 5.2 Rozmístění vývodů kabelů

Z trubky uřízneme 50 cm kus, který bude tvořit těleso antény. Na tuto trubku si uděláme po celé délce rysku a na ní vyvrtáme díry o průměru 2 mm jak je viditelné na obr. 5.2 pro drát ve vzdálenostech od horního okraje:

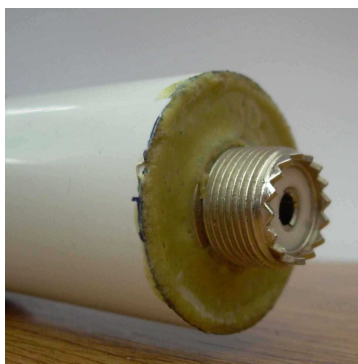
- 112 mm - konec cívky L4
- 133 mm - začátek cívky L3
- 278 mm - začátek cívky L2
- 298 mm - konec cívky L2
- 420 mm - začátek cívky L1
- 435 mm - konec cívky L1

Tyto díry budou použity pro propojení jednotlivých cívek drátem, vedeným vnitřkem trubky.



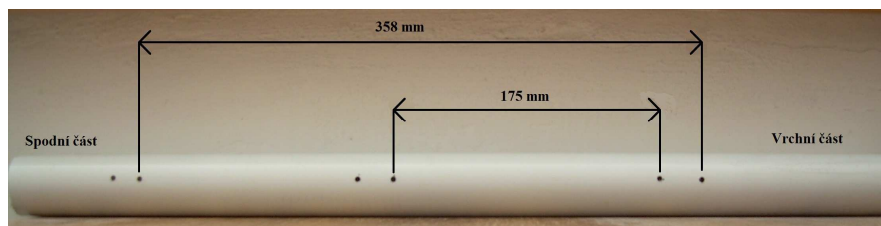
Obr. 5.3 Cylindr

Nejdříve si vyrobíme vyzařovací cylindry, které jsou vytvořeny z konzervového plechu, který je tenký a dobře se pájí. Ustříhneme si z konzerv obdélníky 100x120 mm a ohneme je na trubce tak, že 100 mm je výška cylindrů jak je vidět na *obr. 5.3*. Plechy se po obtočení kolem trubky budou částečně překrývat. Omotané plechy cylindrů něčím stáhneme tak, aby byly na trubce co nejtěsnější, a ve spoji bodově spájíme. Pak odstraníme stahovací omotávky a spájíme po celé délce spoje. Tyto cylindry budou dva a budou umístěné na trubce podle rozměrů vyplývajících z *obr. 5.1*.



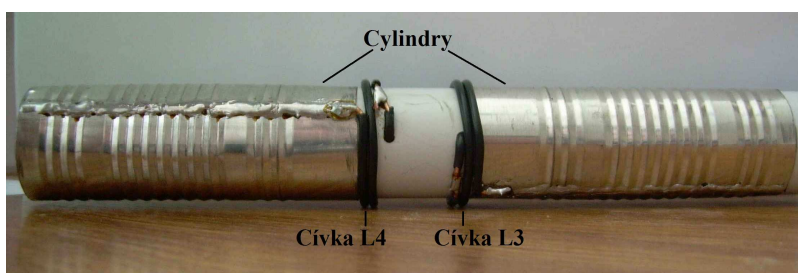
Obr. 5.4 Umístění PL konektoru

Nyní vyrobíme například z kousku plastu, či třeba tenčí překližky ucpávku do trubky o vnitřním průměru trubky, tedy 32 mm, a v ní díru pro PL konektor, který do ucpávky přišroubujeme. Ke konektoru připájíme dráty, a to ke střednímu pinu drát dlouhý 80 mm, a ke kostře drát dlouhý 200 mm, a oba odizolujeme v délce 40 mm od konce a odizolované konce ohneme do oblouku oba do jednoho směru. Potom tento konektor vsadíme do trubky tak, aby ohnuté konce drátů od konektoru vylezly z vyvrtaných otvorů, kratší od středního pinu z díry konce cívky L1, tedy 435 mm od horního konce trubky, a delší drát kostry z díry konce cívky L2, tedy 300 mm od horního konce trubky. Potom konektor v destičce vlepíme lepidlem do konce trubky ale tak, aby dráty které lezou z otvorů nezapadly zpět do trubky.

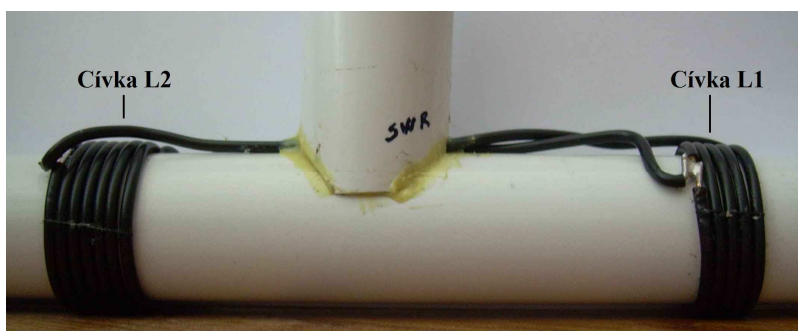


Obr. 5.5 Rozmístění propojek

Do trubky umístíme propojovací dráty pro propojení cívek. Na to si ustříháme dva dráty opět z toho instalačního drátu, a to délky 175 mm a druhý 358 mm. U drátu dlouhého 175 mm ohneme konce ve vzdálenosti 15 mm do pravého úhlu a odizolujeme celou ohnutou část. U drátu dlouhého 358 mm ohneme do pravého úhlu konce v délce 25 mm a u ohnutých konců odizolujeme 10 mm. Získáme tak dvě "U" propojky, které teď musíme zevnitř trubky prostrčit dírami u budoucích cívek, a to tak, že kratší drát bude spojit začátek cívky L3 se začátkem cívky L2. Tuto propojku tedy prostrčíme otvory na pozicích 133 a 278 mm a konce ohneme do strany, aby propojka nemohla zapadnout zpět do trubky. Delší propojka bude spojit konec cívky L4 a začátek cívky L1, a prostrčíme ji tedy opět zevnitř trubky otvory na pozicích 112 a 420 mm. Konce opět zahneme, aby nemohla zapadnout do trubky. Tato část konstrukce je snad nejhorší prací na anténě.



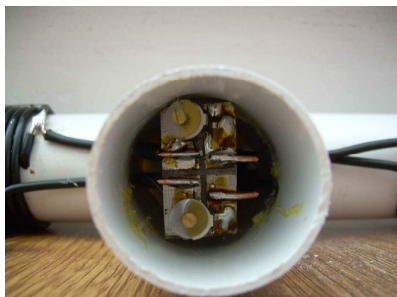
Obr. 5.6 Cívky L4 a L3 a oba cylindry



Obr. 5.7 Cívky L2 a L1

Nyní již máme vše připraveno pro konečné navinutí cívek. Všechny cívky vineme stejným směrem. Začneme cívkou L4, jejíž začátek připájíme na spodní konec horního cylindru a navineme 2 závitů. Konec cívky připájíme k vývodu vnitřní propojky. Na další vývod druhé vnitřní propojky připájíme začátek cívky L3, navineme 2 závitů a

konec cívky připájíme k hornímu konci spodního cylindru. Cívku L2 vineme mezi vývody zevnitř trubky na pozicích 278 a 298 mm, a to 7 závitů, cívku L1 vineme mezi vývody na pozicích 420 a 435 mm, a to 5 závitů. Všechny cívky musí být řádně utažené.



Obr. 5.8 Umístění kapacitních trimrů C1 a C2

Nyní už stačí nainstalovat trimry C1 a C2. Trimr C1 osadíme mezi konec L2 a začátek L1 a trimr C2 mezi začátek L2 a konec L1, tedy ty vzdálenější vývody cívek. Po nainstalování si trimry poznačíme, a to u C1 "S" a u C2 "PSV". Pokud anténa bude vystavena neustále povětrnostním podmínkám, je potřeba ji důkladně zaizolovat. To se dá provést třeba pomocí smršťovací bužírky, do které celou anténu obalíme a necháme pouze přístup k trimrům.



Obr. 5.9 Kompletní EH anténa

6. Ověření vlastností sestrojené EH antény

Nyní pokud máme k dispozici Grid-dip metr, změříme rezonanci cívky L1. Pro měření nejdříve osadíme trimr C1 mezi konec L2 a začátek L1, a dočasně vyzkratujeme cívku L2 kouskem vodiče a anténní konektor musíme také vyzkratovat. Na GDO nastavíme 27 MHz a kapacitním trimrem ladíme cívku L1 až do rezonance na uvedeném kmitočtu. Při uvedeném počtu závitů by se to mělo podařit. Pokud by náhodou byla rezonanční frekvence nízká, museli bychom odstranit jeden závit, a naopak. Pokud nemáte GDO, necháme cívku tak. Odstraníme zkratovací vodiče na konektoru a cívce L2, a osadíme trimr C2 mezi začátek L2 a konec L1, tedy ty vzdálenější vývody cívek.



Obr 6.1 Anténní analyzátor

Pokud máte anténu hotovou, připojíme PSV metr. Nyní se musíme snažit nastavováním trimru C1 a C2 naladit co nejnižší PSV. Ladění trimrů je vzájemně závislé, a měření provádíme po pohnutí trimrem, nikoliv při klíčování, protože svojí přítomností u antény jí ovlivňujeme. Toto nastavení je dost pracné a je nutné jej opakovat vždy při změně umístění antény. Vzhledem k tomu, že se jedná o elektromagnetickou anténu, neměla by být blízko obsluhy radiostanice, či jiných osob.

6 Ověření vlastností sestrojené EH antény

Samotné měření parametrů se musí provádět v bezodrazovém prostředí, abychom eliminovali odrazy signálů. Anténu je nutné zavěsit ve volném prostoru přibližně 1,5 až 2 metry nad zemí, protože anténa je ovlivňována magnetickým polem země.



Obr 6.2 Zavěšení EH antény

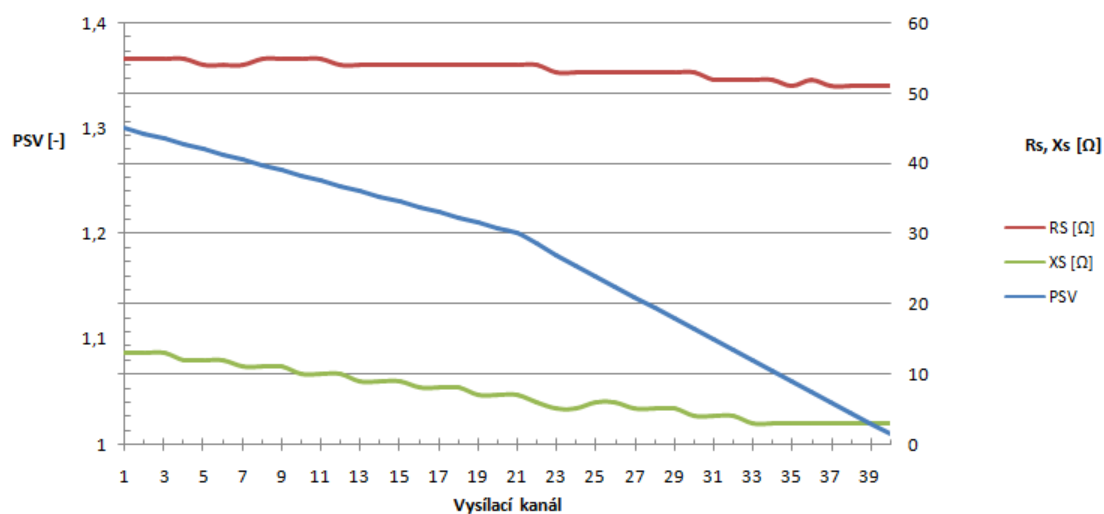
Na anténním analyzátoru se nastaví 20 kanál (27,205 MHz) a na EH anténě se pomocí trimrů C1 a C2 nastaví co nejnižší PSV. To se mi nakonec podařilo nastavit na 1,1. Poté už jen stačilo nastavovat frekvence od prvního až po 40 kanál a odečítat naměřené hodnoty. V mém případě bylo nejdůležitější PSV a vstupní impedance.



Obr. 6.3 Anténní analyzátor a EH anténa

Tab. 6.1 Naměřené hodnoty anténním analyzátozem

Kanál	Frekvence [MHz]	PSV	R_s [Ω]	X_s [Ω]
1	26,965	1,3	55	13
2	26,975	1,3	55	13
3	26,985	1,3	55	13
4	27,005	1,2	55	12
5	27,015	1,2	54	12
6	27,025	1,2	54	12
7	27,035	1,2	54	11
8	27,055	1,2	55	11
9	27,065	1,2	55	11
10	27,075	1,2	55	10
11	27,085	1,1	55	10
12	27,105	1,2	54	10
13	27,115	1,2	54	9
14	27,125	1,2	54	9
15	27,135	1,2	54	9
16	27,155	1,2	54	8
17	27,265	1,2	54	8
18	27,175	1,1	54	8
19	27,185	1,1	54	7
20	27,205	1,1	54	7
21	27,215	1,1	54	7
22	27,225	1,1	54	6
23	27,255	1,1	53	5
24	27,235	1,1	53	5
25	27,245	1,1	53	6
26	27,265	1,1	53	6
27	27,275	1,1	53	5
28	27,285	1,1	53	5
29	27,295	1,1	53	5
30	27,305	1,1	53	4
31	27,315	1,1	52	4
32	27,325	1	52	4
33	27,335	1	52	3
34	27,345	1	52	3
35	27,355	1	51	3
36	27,365	1	52	3
37	27,375	1	51	3
38	27,385	1	51	3
39	27,395	1	51	3
40	27,405	1	51	3

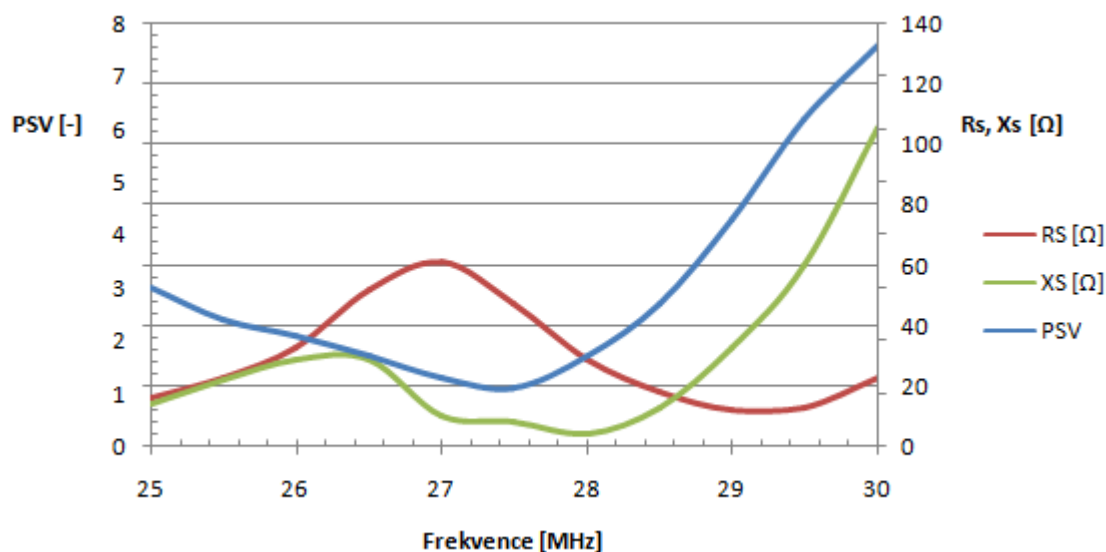


Obr 6.4 Závislost PSV, R_S a X_S na kanálu (frekvenci)

Pomocí anténního analyzátoru jsem projel frekvenční rozsah od 25 MHz po 30 MHz po 0,5 MHz, aby bylo viditelné že v CB pásmu (26,965 – 27,405 MHz) je PSV minimální, zatímco R_S prochází svým maximem.

Tab. 6.2 Zvislost vstupní impedance na kmitočtu

f [MHz]	PSVx10	R_S [Ω]	X_S [Ω]
25	30	16	14
25,5	24	23	22
26	21	33	29
26,5	17	52	29
27	13	61	10
27,5	11	47	8
28	17	29	4
28,5	27	18	13
29	43	12	33
29,5	62	13	60
30	76	23	106



Obr. 6.5 Závislost vstupní impedance na kmitočtu

6.1 Praktické ověření funkčnosti antény

Toto měření se provádí pomocí CB radio stanice značky DNT Formel 1 (40 kanálů FM/4W, frekvence 26,965 – 27,405 MHz, squelch, napájení 13,8V DC) a PSV metru (1:1 až 1:3, 26 - 30MHz, 52 Ohm - měření do 100W), kdy mezi CB stanicí a anténou vložíme PSV metr a měříme PSV.

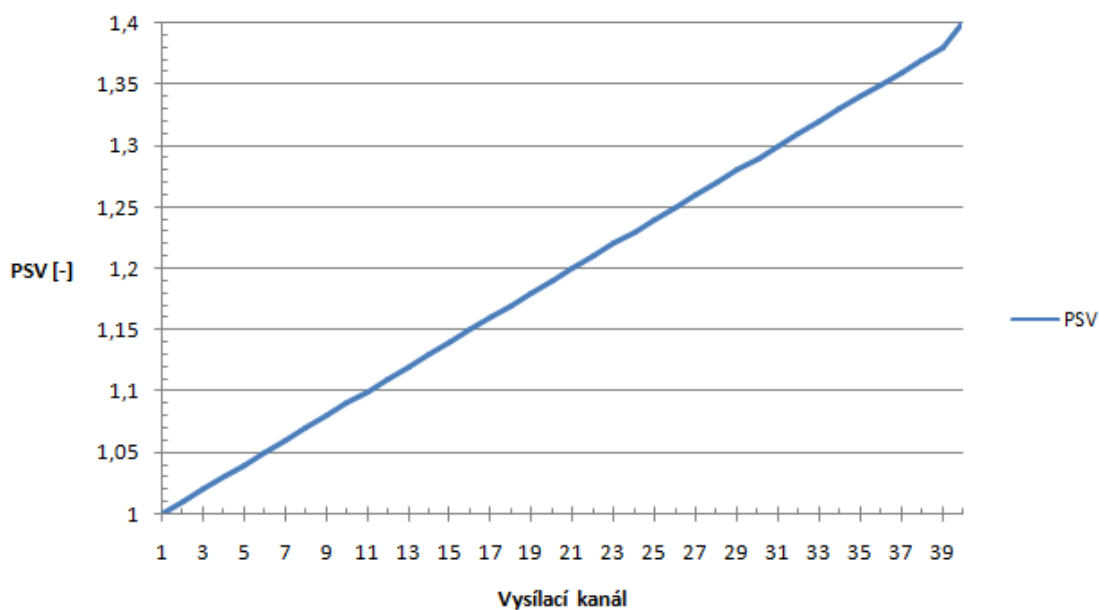


Obr. 6.6 CB stanice a PSV metr

Měření probíhá tak, že na CB stanici zvolíme příslušný kanál, zaklíčujeme stanici a odečteme PSV.

Tab. 6.3 Hodnoty PSV

Kanál	Frekvence [MHz]	PSV
1	26,965	1
2	26,975	1
3	26,985	1
4	27,005	1
5	27,015	1
6	27,025	1
7	27,035	1
8	27,055	1
9	27,065	1
10	27,075	1
11	27,085	1,1
12	27,105	1,1
13	27,115	1,1
14	27,125	1,1
15	27,135	1,1
16	27,155	1,1
17	27,265	1,1
18	27,175	1,1
19	27,185	1,1
20	27,205	1,1
21	27,215	1,1
22	27,225	1,2
23	27,255	1,2
24	27,235	1,2
25	27,245	1,2
26	27,265	1,2
27	27,275	1,2
28	27,285	1,2
29	27,295	1,2
30	27,305	1,2
31	27,315	1,3
32	27,325	1,3
33	27,335	1,4
34	27,345	1,3
35	27,355	1,3
36	27,365	1,4
37	27,375	1,3
38	27,385	1,3
39	27,395	1,3
40	27,405	1,4



Obr 6.7 Závislost PSV na vysílaném kanálu (frekvenci)

6.2 Zhodnocení měření

Pro správnou funkci antén se musí jejich PSV pohybovat v rozmezí 1 až 3, poté už začne být jejich zkreslení příliš velké. Při mém měření se PSV pohybovalo v rozmezí 1 – 1,4 jak při použití anténního analyzátoru, tak při použití CB stanice a PSV metru. Při měření jsem se také přesvědčil, že se PSV může zhoršit až trojnásobně pokud je v její blízkosti nějaká osoba.

7. Závěr

V práci jsem teoreticky rozebral co to vůbec anténa je, jak funguje a jaké má základní parametry, aby bylo možné porozumět samotné funkci EH antény. V teoretické části jsem také popsal základní vlastnosti samotné EH antény, jaké jsou její výhody a nevýhody, uvedl jsem jaké má vyzařovací schopnosti. V praktické části jsem předvedl jak probíhá návrh a konstrukce antény a jak se dokazuje správná funkce. V mém případě byla anténa sestrojena na 27,2 MHz (CB rádio), kde byla také v rozmezí CB pásma zkoušena. Z měření je patrné, že PSV antény je velmi dobré, pohybuje se v rozmezí 1 – 1,4, což je u antén velmi výborný výsledek.

Samotná EH anténa se řadí mezi velmi výhodné antény pro domácí použití. Její hlavní výhodou jsou přijímací a vyzařovací schopnosti i přes minimální velikost. Její značná nevýhoda, a proto i malá rozšířenost mezi veřejností je v tom, že při každé změně její polohy je třeba ji znovu naladit, protože je anténa citlivá na magnetické pole země, značně ji také může rozladit sněhová pokrývka. I přesto se u uživatelů, kteří s ní přišli do styku těší velké oblibě.

Literatura:

- [1] MATUSZCZYK, Jacek. Antény prakticky. Katka Hrubá; Marek Michálek. Praha: Nakladatelství BEN - technická literatura, 2002. 240 s. ISBN 80-7300-109-8.
- [2] SMIRENINA, B. A. Radiotechnická příručka. Rudolf Major, Jiří Appl. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. 1226 s. ISBN 621.396.
- [3] VESELÝ, Pavel. CB seznam [online]. 2001- , poslední změna 24. 5. 2002 [cit. 2009-12-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.cbradio.cz/news/view.php3?id=82>>.
- [4] EH Antenna Systems [online]. 2008 [cit. 2009-12-07]. Dostupný z WWW: <<http://eh-antenna.com/>>.
- [5] Omnirep GmbH Funk und Kommunikation [online]. 1996 [cit. 2010-03-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.aiphone.ch/index.html>>.
- [6] DOSTÁL, Milan. Anténa EH - nový druh malej antény pre KV pásma. Antény. 2002, č. 4, s. 14-15.

Seznam příloh

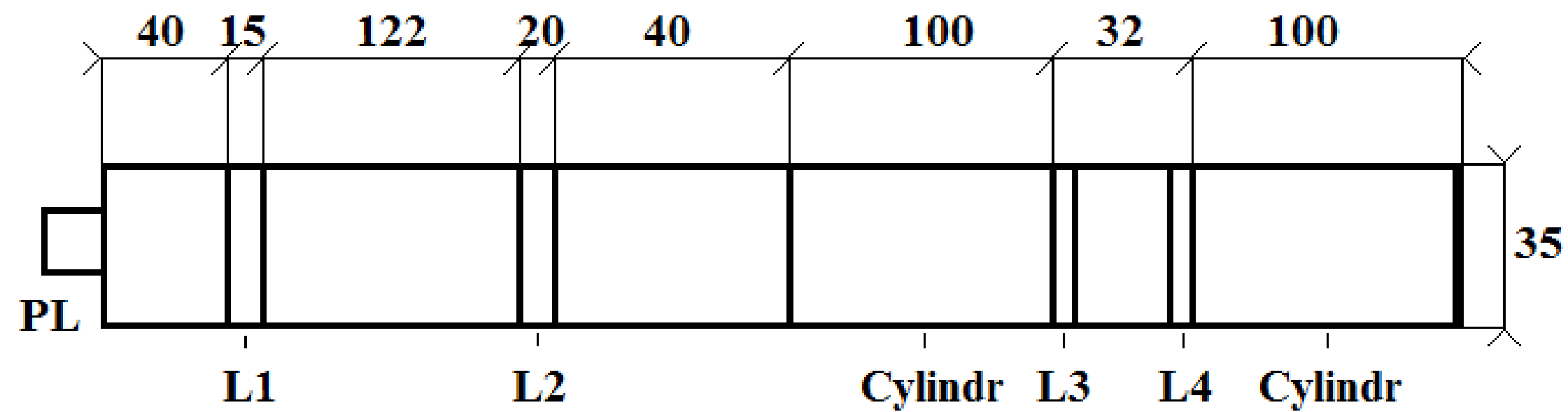
Příloha č.1 – Schéma EH antény

Příloha č.2 – EH anténa

Příloha č.3 – Graf závislosti vstupní impedance a PSV na kanálu (frekvenci)

Příloha č.4 – Graf závislosti vstupní impedance na frekvenci

Příloha č.5 – Graf závislosti PSV na kanálu (frekvenci)





Příloha č.2

